



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2016



INFORME DE INVESTIGACIÓN

Efecto del proceso de coagulación floculación, con polielectrolitos naturales, en la remoción de la turbidez y el color, para el tratamiento de potabilización del agua de la quebrada Pucacaca, distrito de Soritor, Moyobamba 2016

AUTORES

Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza (Coordinador)

Blgo. MSc Luis Eduardo Rodríguez Pérez

Colaboradores:

Blgo. MSc Astrith Ruíz Ríos

Blgo. MSc Alfredo Iban Díaz Visitación

Est. Elkin Florián Saldaña Yrigoín

Est. María Tania Herrera Pedraza

Perú, Moyobamba

2019

Declaratoria de autenticidad

Yrwin Francisco Azabache Liza con DNI N° 18070745, docente de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, con el informe de investigación titulado: **Efecto del proceso de coagulación floculación, con polielectrolitos naturales, en la remoción de la turbidez y el color, para el tratamiento de potabilización del agua de la quebrada Pucacaca, distrito de Soritor, Moyobamba 2016.**

Declaramos bajo juramento que:

1. El informe de investigación presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene el informe de investigación no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, octubre del 2019





Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza
DNI N°: 18070745

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Azabache Liza Yruin Francisco		
Código de alumno :		Teléfono:	958425398
Correo electrónico :	Yal32@hotmail.com	DNI:	18070745

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ecología
Escuela Profesional de:	Ingeniería Sanitaria.

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Efecto del proceso de coagulación Floculación, con polielectrolitos naturales, en la remoción de la turbidez y el color, para el tratamiento de potabilización del agua de la quebrada Pucauca, distrito de Soritor, Moyobamba 2016
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

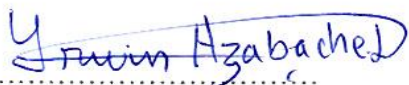
7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”**.



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

11 / 10 / 2019



Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme sabiduría y salud.

Dedico a mis padres; que me motivan a seguir adelante.

A mi esposa; a mis hijas e hijo; por su compañía.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Martín- Facultad de Ecología; por su apoyo en la disposición del laboratorio de Biología y Química.

Al Instituto de Investigación y Desarrollo de la UNSM-T; por el financiamiento a la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
Resumen	ix
Abstract.....	x
Introducción.....	1
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1. Fundamento Teórico	3
1.1.1. Antecedentes	3
1.1.2. Pretratamiento del agua	3
1.1.3. Tratamiento de aguas.....	4
1.1.4. Coagulación, Floculación.	6
1.1.4.1. Eliminación de la estabilidad de las partículas.	7
1.1.5. Turbiedad y color.....	7
1.1.6. Partículas coloidales	8
1.1.6.1. <i>Tipos de coloides de acuerdo con su comportamiento en el agua.</i>	8
1.1.6.2. <i>Características de las partículas coloidales y las sustancias húmicas.</i>	8
1.1.6.3. <i>Propiedades de los coloides.</i>	9
1.1.7. Polímeros naturales.....	9
1.2. Definición de Términos	10
CAPITULO II MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
2.1. Sistema de Hipótesis	11
2.2. Sistema de Variables.....	11
2.3. Tipo de Método de la Investigación.....	11

2.4. Diseño de Investigación.....	11
2.5. Población y Muestra	13
CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
3.1. Técnicas de recolección de datos.....	14
3.2. Tratamiento estadístico e interpretación de Tablas.....	14
3.3. Discusión.....	43
CONCLUSIONES.....	45
RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS	49
Anexo 1: Proceso de obtención de almidón de yuca	49
Anexo 2: composición fisicoquímica de yuca	49
Anexo 3: composición fisicoquímica del plátano	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Procesos unitarios que eliminan una cantidad de constituyentes de agua cruda.....	4
Tabla 2	Parámetros físicos y químicos del agua de la quebrada Pucacaca	14
Tabla 3	Turbidez del agua en los diferentes ensayos realizados	16
Tabla 4	pH del agua en los diferentes ensayos realizados.....	16
Tabla 5	Conductividad del agua en los diferentes ensayos realizados	17
Tabla 6	Sólidos totales disueltos del agua en los diferentes ensayos realizados	18
Tabla 7	NaCl del agua en los diferentes ensayos realizados	18
Tabla 8	Oxígeno Disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	19
Tabla 9	Porcentaje de oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	20
Tabla 10	Turbidez del agua en los diferentes ensayos realizados	20
Tabla 11	pH del agua en los diferentes ensayos realizados.....	21
Tabla 12	Conductividad del agua en los diferentes ensayos realizados	21
Tabla 13	Sólidos totales disueltos del agua en los diferentes ensayos realizados	22
Tabla 14	NaCl del agua en los diferentes ensayos realizados	22
Tabla 15	Oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	23
Tabla 16	Porcentaje Oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	23
Tabla 17	Turbidez del agua en los diferentes ensayos realizados	24
Tabla 18	pH del agua en los diferentes ensayos realizados.....	24
Tabla 19	Conductividad del agua en los diferentes ensayos realizados	25
Tabla 20	Sólidos totales disueltos del agua en los diferentes ensayos realizados	25
Tabla 21	Oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	26
Tabla 22	Porcentaje de oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	27
Tabla 23	Color del agua en los diferentes ensayos realizados	27
Tabla 24	Turbidez del agua en los diferentes ensayos realizados	28
Tabla 25	pH del agua en los diferentes ensayos realizados.....	28
Tabla 26	Conductividad del agua en los diferentes ensayos realizados	29
Tabla 27	Sólidos totales disueltos del agua en los diferentes ensayos realizados	29
Tabla 28	Oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	30
Tabla 29	Porcentaje de oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	30
Tabla 30	Color del agua en los diferentes ensayos realizados	31

Tabla 31 Turbidez del agua en los diferentes ensayos realizados	32
Tabla 32 pH del agua en los diferentes ensayos realizados.....	32
Tabla 33 Conductividad del agua en los diferentes ensayos realizados	33
Tabla 34 Sólidos totales disueltos del agua en los diferentes ensayos realizados	33
Tabla 35 Oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	34
Tabla 36 Porcentaje oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	34
Tabla 37 Color del agua en los diferentes ensayos realizados	35
Tabla 38 Turbidez del agua en los diferentes ensayos realizados	35
Tabla 39 pH del agua en los diferentes ensayos realizados.....	36
Tabla 40 Conductividad del agua en los diferentes ensayos realizados	37
Tabla 41 Sólidos totales disueltos del agua en los diferentes ensayos realizados	37
Tabla 42 Oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	38
Tabla 43 Porcentaje de oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	39
Tabla 44 Color del agua en los diferentes ensayos realizados	39
Tabla 45 Turbidez del agua en los diferentes ensayos realizados	40
Tabla 46 pH del agua en los diferentes ensayos realizados.....	41
Tabla 47 Conductividad del agua en los diferentes ensayos realizados	41
Tabla 48 Sólidos totales disueltos del agua en los diferentes ensayos realizados.....	42
Tabla 49 Oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	42
Tabla 50 Porcentaje de oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados	43
Tabla 51 Color del agua en los diferentes ensayos realizados	43

Lista de siglas y abreviaturas

ECA:	Estándar de Calidad
EDL:	Doble capa dieléctrica
LMP:	Límites máximo permisible
OD:	Oxígeno disuelto
STD:	Sólidos totales disueltos
r.p.m:	revoluciones por minuto
UNT:	Unidades Nefelométricas de Turbidez
UPC:	Unidades Platino Cobalto

Resumen

La importancia del tratamiento de las aguas provenientes de quebradas es importante, debido al hecho de mejorar su calidad y contribuir a mejorar la salud de las personas, mediante la propuesta de utilización de coagulantes de origen natural (polímeros naturales), hechos a base de sustancias orgánicas (almidón de yuca y de plátano). En la presente investigación, se determinó el efecto del proceso de coagulación floculación, con polielectrolitos naturales, en la remoción de la turbidez y el color, del agua proveniente de la quebrada Pucacaca. Los métodos utilizados fueron el tratamiento con prueba de jarras, utilizando almidón de yuca y plátano. Se demostró que los resultados para la remoción del color, en los diferentes tratamientos fueron eficaces en mayor valor en los ensayos con el almidón de yuca al 1% y 2%, llegando a valores de 5,17 UPC, conforme con lo que dice el estándar, que indica un límite de 15 UPC. El método utilizado fue el tratamiento con prueba de jarras. Así, conociendo la eficiencia y las propias diferencias en la manera de actuar del almidón de plátano y de yuca en su función como coagulantes, se deduce que no es eficaz poder utilizar, para generar agua de calidad; pero que, si son notables en su clarificación de la misma, por lo cual de manera combinada es una gran alternativa, de tal manera que se logren los parámetros deseables.

Palabras claves: coagulantes, polímeros naturales, almidón, tratamiento agua.

Abstract

The importance of the treatment of the waters coming from streams is important, due to the fact of improving its quality and contributing to improve the health of people, by proposing the use of coagulants of natural origin (natural polymers), made from substances organic (cassava starch and banana starch). In the present investigation, the effect of the flocculation coagulation process, with natural polyelectrolytes, on the turbidity and color removal of the water coming from the Pucacaca creek was determined. The methods used were the treatment with jar test, using cassava starch and banana. The methods used were the treatment with jar test, using cassava starch and banana. It was demonstrated that the results for the removal of the color, in the different treatments were effective in greater value in the tests with cassava starch at 1% and 2%, reaching values of 5,17 UPC, according to what the standard says, which indicates a limit of 15 UPC. The method used was the treatment with jar test. Thus, knowing the efficiency and the own differences in the way of acting of the starch of banana and cassava in their function as coagulants, it is deduced that it is not efficient to be able to use, to generate quality water; but that, if they are notable in their clarification of it, for which in a combined way it is a great alternative, in such a way that the desirable parameters are achieved.

Keywords: coagulants, natural polymers, starch, treatment waters down.



Introducción

La amplia y variada geografía de nuestro país, no permite que el gobierno central y gobiernos locales a través de sus diversos actores lleguen hacia los lugares más recónditos del territorio nacional, para brindar servicios básicos como el abastecimiento de agua de calidad para el consumo humano, hecho que se ve reflejado en muchos lugares de nuestro país, también en Moyobamba provincia; sabiendo que dicho recurso es vital para el desarrollo de nuestras actividades diarias y la satisfacción de nuestras necesidades básicas, además que si esta no es tratada de la manera correcta se puede volver un problema, ya que el líquido elemento se puede convertir en un vector de una amplia gama de microorganismos patógenos, sustancias orgánicas e inorgánicas que pueden generar diversas afecciones.

Hoy en día se vienen llevando a cabo diferentes técnicas alternativas, a las ya conocidas, donde se utilizan sustancias químicas para los diversos procesos de tratamiento del agua para consumo humano. El agua puede contener una variedad de impurezas, solubles e insolubles; entre estas últimas destacan las partículas coloidales, las sustancias húmicas y los microorganismos en general. Tales impurezas coloidales presentan una carga superficial negativa, que impide que las partículas se aproximen unas a otras y que las lleva a permanecer en un medio que favorece su estabilidad (Vargas, 2004).

Si somos conscientes que el agua es fuente de vida y líquido elemental para el hombre, entenderemos la problemática, pues esta garantiza tanto la subsistencia como el desarrollo de las diferentes y variadas actividades humanas. Pues como lo sabemos, la función del tratamiento de agua es producir agua potable de buena calidad para uso doméstico y para usos diversos. Recientemente la disponibilidad del agua se ha convertido en una problemática en muchas regiones donde no existen suficientes fuentes de agua de buena calidad. Al mismo tiempo la contaminación de los ríos, lagos e incluso del agua subterránea hacen el tratamiento de agua potable un reto más difícil.

Así a partir de polímeros naturales, queremos llegar a resultados deseados acudiendo a tratamientos, pues para eliminar estas partículas se recurre a los procesos de coagulación y floculación, proponemos en este caso con el almidón de yuca y de plátano.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Fundamento Teórico

1.1.1. Antecedentes

Valeriano y Matos (2013), en su investigación sobre el uso de los polímeros naturales en el tratamiento de agua para consumo humano, así como los mecanismos de coagulación y floculación, y los compuestos naturales más utilizados; llegó a concluir que: Los polielectrolitos naturales, en los últimos años, han sido estudiados y probados, encontrándose en muchos de ellos alta eficiencia de remoción de turbidez y una reducción de los costos hasta llegar a un 30%; con la reutilización de sus lodos residuales. El estudio de más polielectrolitos naturales constituye una gran alternativa para poder tratar aguas para consumo humano en el futuro.

Ramírez y Jaramillo (2015), en su investigación sobre agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua, indica que los procesos de coagulación y floculación permiten la remoción de partículas suspendidas y coloidales (turbidez). La materia prima propuesta para el tratamiento del agua se extrae de la naturaleza sin ningún proceso invasivo; de esta manera se rompe el paradigma de la exclusividad de los productos químicos industriales. Como resultado se obtiene que los dos agentes naturales más estudiados y utilizados a nivel mundial y que presentan gran capacidad en los procesos de coagulación del agua son la Moringa oleífera y diferentes tipos de cactus; siendo una alternativa ambientalmente sostenible para poblaciones que no puedan acceder al agua debido a su situación socioeconómica.

1.1.2. Pretratamiento del agua

Según Kiely (1999) Los típicos procesos utilizados para el tratamiento del agua bruta de calidad, son la floculación/ coagulación y sedimentación, pero generalmente se tienen que realizar algunos procesos antes del mismo, dentro de los cuales se pueden incluir:

- ❖ Desbaste

- ❖ Almacenamiento
- ❖ Aireación
- ❖ Pretratamiento químico

La Tabla 1, resume los procesos de unidad asociados con la eliminación significativa de constituyentes particulares del agua. El tratamiento de las aguas superficiales principalmente requiere la eliminación de materia en partículas y patógenos. El remover las partículas también ayuda a la eliminación de patógenos, debido a que la mayoría de los patógenos o son partículas o están asociados con ellas.

Si la fuente de agua contiene constituyentes disueltos, entonces se pueden añadir procesos de unidad adicionales para también eliminarlos (Kiely, 1999).

Tabla 1

Procesos unitarios que eliminan una cantidad de constituyentes de agua cruda.

Constituyentes	Proceso(s) unitario(s)
Turbiedad y partículas	Coagulación/floculación, sedimentación, filtración granular
Principales inorgánicos disueltos	Ablandamiento, aireación, membranas
Inorgánicos disueltos menores	Membranas
Patógenos	Sedimentación, filtración, desinfección
Principales orgánicos disueltos	Membranas, adsorción

Fuente: Mihelcic & Zimmerman (2012).

1.1.3. Tratamiento de aguas.

El tratamiento de aguas, es uno de las formas más antiguas de protección para la salud pública. Desde hace muchos años, el hombre ha tratado el agua para eliminar residuos, reducir

los riesgos a la salud y mejorar su calidad en cuanto a su apariencia, olor color y sabor. Desde épocas tan antiguas se trataba el agua hirviéndola, exponiéndola al sol, depositándola en recipientes para su sedimentación o filtrándola a través de arena o grava para purificarla (Figura 1). En la actualidad muchas, de estas técnicas son utilizadas para tratamiento de las aguas ya sean de abastecimiento o aguas residuales y se complementan con las técnicas físicas y químicas modernas.

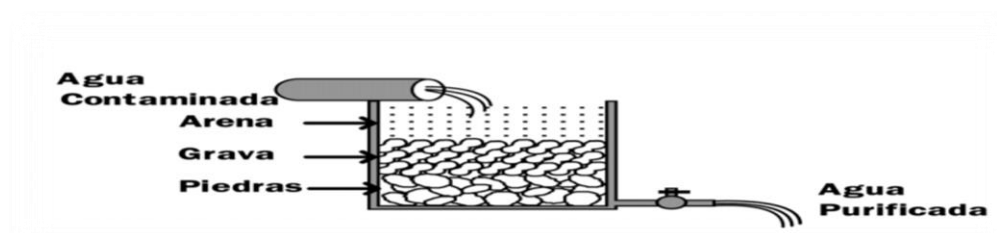


Figura 1. Sistema antiguo de tratamiento de aguas contaminadas

Fuente: Ingeniería ambiental (Arellano y Guzmán, 2011).

El tratamiento de aguas, se aboca al acondicionamiento de las mismas para el abastecimiento humano. En este apartado podemos detenernos para definir lo que es el suministro de agua, que es el procedimiento por el cual se transporta el agua desde su fuente a instalaciones de almacenamiento a finalmente al destino donde será utilizada a través de instalaciones de transporte. De esta manera se provee de agua a hogares, granjas, industrias comercios y recreación. Los tres factores importantes para establecer un suministro de agua adecuado son la calidad del líquido, la cantidad y la localización del suministro de agua en relación con los lugares donde será utilizada (Arellano & Guzmán, 2011).

Como ya se ha mencionado, las fuentes naturales de agua contienen una gran cantidad de sustancia orgánica e inorgánicas, dependiendo de la localización de las fuentes y su contacto con diferentes contaminantes durante el ciclo hidrológico. Precisamente las plantas de tratamiento han sido diseñadas para mejorar la calidad del agua antes de que sea utilizada por los consumidores. En éstas se eliminan microorganismos que pudieran originar enfermedades, compuestos orgánicos, sólidos suspendidos totales, los minerales que provocan la dureza y sustancias que provoquen mal aspecto y olores y sabores desagradables. Desde mediados del

siglo pasado, los científicos descubrieron que muchas enfermedades específicas como el cólera, se transmitían por el agua. Esta enfermedad causó la muerte a 15.000 personas en Londres en el año 1849. La relación entre algunas enfermedades y su transmisión a través del agua permitió desarrollar métodos para eliminar organismos patógenos en el agua para potabilizarla, lo cual ha permitido reducir considerablemente la incidencia de enfermedades tales como la tifoidea el cólera y la hepatitis (Arellano & Guzmán, 2011).

1.1.4. Coagulación, Floculación.

Comúnmente estos conjuntos de procesos unitarios son conocidos como tratamiento estándar el cual tiene como finalidad la reducción del color, turbidez y las impurezas particuladas a niveles aceptables. Al hacerlo así se producen ventajas adicionales, tales como reducciones en hierro, manganeso, algas, microorganismos patógenos, etc. dentro de dicho procedimiento estándar también se incluye a la sedimentación (Kiely, 1999).

El método más común utilizado para remover las partículas y una porción de materia orgánica disuelta es la combinación de coagulación y floculación seguida por la sedimentación o la filtración. La coagulación es un paso de neutralización de carga que involucra el acondicionamiento de la materia suspendida, coloidal y disuelta al añadir coagulantes. La floculación involucra la agregación de partículas desestabilizadas y la formación de partículas más grandes conocidas como floculo (Mihelcic & Zimmerman, 2012).

La coagulación y floculación, causan un incremento de tamaño del flóculo y su rápida aglomeración, disminuyendo así el tiempo de sedimentación de las partículas. Para realizar este tipo de procesos se adicionan sales químicas en su mayoría cargadas positivamente (sales de aluminio, sales de hierro o polielectrolitos) que desplazan los iones negativos y reducen efectivamente el tamaño de carga (Caicedo, 2012).

1.1.4.1. Eliminación de la estabilidad de las partículas.

La carga de la superficie es la contribución primaria para la estabilidad de las partículas. Las partículas estables son propensas a permanecer suspendidas en solución (y medidas como turbiedad o TSS). Los coloides suspendidos y las partículas finas son relativamente estables y no pueden flocular y asentarse en un periodo razonable. La estabilidad de las partículas en aguas naturales principalmente depende del balance de las fuerzas de repulsión y de atracción entre las partículas. La mayoría de las partículas en las aguas naturales tienen carga negativa, y existe una *fuerza electrostática repulsiva* entre las partículas de la misma carga (Mihelcic & Zimmerman, 2012).

Al contrarrestar estas fuerzas de repulsión se encuentran las fuerzas de atracción entre las partículas conocidas como fuerzas de van der Waals. La energía potencial de las fuerzas de repulsión electrostáticas y las fuerzas de atracción de van der Waals combinadas están relacionadas con la distancia entre dos partículas. Debido a que la fuerza de atracción neta es muy débil en distancias grandes, la floculación generalmente no sucederá. A distancias muy cortas, existe una barrera de energía, y la cinética que sale del movimiento browniano de las partículas no es lo suficientemente alta como para vencer la barrera de energía. Después de que se añade un coagulante, las fuerzas de repulsión se reducen, las partículas se unirán y ocurrirá la floculación rápida (Mihelcic & Zimmerman, 2012).

1.1.5. Turbiedad y color

Domenech y Peral (2006) mencionan que “*La turbidez en el agua es un fenómeno óptico producido por la absorción y dispersión de la luz incidente en una muestra que contiene partículas en suspensión*” pág. 156. En el caso de las aguas naturales este fenómeno puede estar ser producido por partículas que son arrastradas o incorporadas al agua desde su origen los cuales pueden ser de naturaleza inorgánica (Arcillas, óxidos de hierro, manganeso, etc.) como orgánicas (material húmico, taninos, etc.)

Mientras que por su parte el color del agua es producto de la luz no absorbida. Tal es el caso de que una columna de agua pura absorbe todas las longitudes de onda del espectro visible de la luz, razón por la cual tiene una apariencia oscura. El color del agua puede ser alterado por compuestos orgánicos e inorgánicos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, sales disueltas, microorganismos, etc (Domenech & Peral, 2006).

1.1.6. Partículas coloidales

Las partículas coloidales en el agua por lo general presentan un diámetro entre 1 y 1.000 milimicrómetros y su comportamiento depende de su naturaleza y origen. Estas partículas presentes en el agua son las principales responsables de la turbiedad. En términos generales, los denominados coloides presentan un tamaño intermedio entre las partículas en solución verdadera y las partículas en suspensión.

1.1.6.1. Tipos de coloides de acuerdo con su comportamiento en el agua.

Existen dos tipos de coloides: Los hidrofóbicos y los hidrofílicos. Los primeros no repelen completamente el agua, pues una película de esta es absorbida por los mismos; las aguas naturales pueden contener varios tipos de estos, incluidas las arcillas. Los coloides hidrofílicos comprenden soluciones verdaderas, ya sean de gran tamaño o pequeñas. Dentro de esta clasificación se pueden encontrar polímeros sintéticos y naturales como lo son las proteínas, ácidos nucleicos, almidones y otros (Barrenechea, 2004).

1.1.6.2. Características de las partículas coloidales y las sustancias húmicas.

Las sustancias húmicas están compuestas por moléculas aromáticas de alto peso molecular que muestran características polianiónicas en soluciones neutras o alcalinas (Barrenechea, 2004).

En términos generales, los denominados coloides presentan un tamaño intermedio entre las partículas en solución verdadera y las partículas en suspensión.

1.1.6.3. *Propiedades de los coloides.*

Las propiedades de los coloides son cinéticas, ópticas, de superficie y magnéticas. Dentro de las propiedades cinéticas de los coloides se encuentra la ley de la difusión, que representa el comportamiento de un conjunto de moléculas sometidas a una agitación térmica; de esta ley se deriva otra propiedad cinética; el movimiento browniano que, a partir de la agitación térmica del agua, los coloides presentan un movimiento constante e irregular, que no permite que se agreguen para formar partículas más grandes.

En cuanto a las propiedades ópticas, la turbidez es materia de estudio a través del efecto Tyndall Faraday. Finalmente, una parte muy importante es la carga que tiene un coloide, ya sea positivo o negativo, será motivo de estudio para removerlo (Valeriano & Matos, 2013).

1.1.7. Polímeros naturales

La utilización de polímeros naturales en comparación con los coagulantes conformados por aluminio, requieren bajas dosis de coagulante por su alto peso molecular; forman volúmenes bajos de lodos al utilizar bajas dosis; incrementan en niveles muy bajos la carga iónica del agua tratada, ya que su carga iónica no es muy elevada; reducen los niveles de aluminio y el costo tiene un ahorro de un 25 a 30%, en comparación con la utilización de compuestos químicos.

Los polímeros naturales pueden ser clasificados al igual que los polímeros sintéticos en: Los polielectrolitos catiónicos, los aniónicos y los polímeros no iónicos

A. Polielectrolitos catiónicos

Los polielectrolitos catiónicos, al igual que los coagulantes inorgánicos catiónicos, poseen una carga fuerte positiva.

B. Polielectrolitos aniónicos

Los polímeros floculentos generalmente son aniónicos y no iónicos y son añadidos a veces luego del proceso de floculación para incrementar el tamaño y peso de los flocs formados, ya que por su elevado peso molecular y longitud forman puentes de polímeros que se interconectan entre ellos formando aglomerados que son fáciles de sedimentar

1.2. Definición de Términos

Agua cruda: Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento (Reglamento de calidad de agua para consumo humano, 2010).

Almidón: El almidón es una sustancia blanca, en forma de polvo, que se extrae de algunas semillas y raíces de varias plantas, tales como arroz, maíz, trigo, sorgo, achira, yuca, papa, arracacha, ñame, etc. Los almidones de mayor demanda son los de maíz, yuca, papa, trigo y sorgo (Ramírez & Jaramillo, 2015).

Parámetros microbiológicos: Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano (Reglamento de calidad de agua para consumo humano, 2010).

Parámetros organolépticos: Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial (Reglamento de calidad de agua para consumo humano, 2010).

Parámetros inorgánicos: Son los compuestos formados por distintos elementos pero que no poseen enlaces carbono-hidrógeno analizados en el agua de consumo humano (Reglamento de calidad de agua para consumo humano, 2010).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Sistema de Hipótesis

Mediante el Proceso de Coagulación Floculación con polielectrolitos naturales se puede remover significativamente la turbidez y el color presente en la quebrada Pucacaca, distrito de Soritor, Moyobamba 2016.

2.2. Sistema de Variables

Variable Independiente: Proceso de Coagulación Floculación con polielectrolitos naturales.

Variable Dependiente: Remoción de la turbidez y el color

2.3. Tipo de Método de la Investigación

Según la naturaleza de los objetivos en cuanto al nivel de conocimiento que se desea alcanzar; corresponde a un Diseño Experimental, donde se aplican experimentos puros. Los que reúnen 3 requisitos fundamentales:

- 1) Manipulación de una o más variables independientes.
- 2) Medir el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente
- 3) Validez interna de la situación experimental, generando un alto grado de confianza en las conclusiones generadas, conclusiones que van en concordancia con los objetivos específicos.

2.4. Diseño de Investigación

Uno de los métodos más comunes para evaluar la eficiencia de la Floculación Precipitación es mediante la prueba de jarras. Seis vasos de precipitado se llenan con agua y luego cada uno es mezclado y floculado uniformemente con un agitador de paleta. La prueba se conduce usualmente añadiendo en primer lugar la misma dosis de coagulante y variando el pH en cada jarra. La prueba de jarras se repite luego manteniendo el pH constante variando la dosis de coagulante.

Entre los objetivos del uso de la prueba de jarra, fueron:

1. Controlar la dosis de coagulante.

Almidón de plátano:

Almidón de yuca: al 1%, 2%, 3%, 5%, 6%

2. Determinar la resistencia de los flóculos.
3. Predecir la calidad del agua filtrada.
4. Determinar el pH óptimo para un coagulante.
5. Determinar la intensidad óptima del mezclado.

Intensidad 1:

- Mezcla rápida 375 rpm (1,5 minutos)
- Mezcla lenta 79 rpm (15 minutos)
- Mezcla sedimentable 10´

Intensidad 2:

- Mezcla rápida 200 rpm (1,5 minutos)
- Mezcla lenta 63 rpm (15 minutos)
- Mezcla sedimentable 10´

Intensidad 3:

- Mezcla rápida 150 rpm (1,5 minutos)
- Mezcla lenta 37,5 rpm (15 minutos)
- Mezcla sedimentable 10´

Intensidad 4:

- Mezcla rápida 300 rpm (1,5 minutos)
- Mezcla lenta 75 rpm (15 minutos)
- Mezcla sedimentable 10 minutos

6. Evaluar la dosis óptima de los ayudantes de la coagulación.
7. Determinar cuál coagulante es más adecuado

El diseño investigación es el establecido por Hernández, Fernández y Baptista (2010), que es el denominado “Diseño de Pre prueba – Pos prueba con un solo grupo” que se ubica en diseños pre experimentales. El diagrama es como sigue:

G O1 X O2

Donde,

G= Muestras experimentales.

X= Variable independiente representada por el Proceso de Coagulación Floculación

O1= Información obtenida en las muestras, antes de aplicar el Proceso de Coagulación Floculación.

O2= Información obtenida en las muestras, después de aplicar el Proceso de Coagulación Floculación.

2.5. Población y Muestra

Población: Aguas de la quebrada Pucacaca, distrito de Soritor, Moyobamba 2016.

Muestra: 50 litros de agua necesaria para las pruebas con Equipo Prueba de Jarras.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Técnicas de recolección de datos

Observación directa *in-situ*.

Registro fotográfico *in-situ*.

Observación en laboratorio

Registro fotográfico en laboratorio

3.2. Tratamiento estadístico e interpretación de Tablas

3.2.1. Determinación del parámetro físicos y químicos del agua de la quebrada Pucacaca *in situ*, antes de realizar el tratamiento

Tabla 2

Parámetros físicos y químicos del agua de la quebrada Pucacaca

Quebrada Pucaca		
Parámetros	Unidad	Inicial
pH		7
Temperatura	°C	24
Conductividad	μS	328,9
Conductividad Eléctrica	mV	-50
Resistividad	ppm	1,98
Sólidos Totales Disueltos	ppm	179,2
Oxígeno Disuelto	mg/L	8,56
Turbidez	UNT	567
Alcalinidad	mg/L	120
NaCl	ppm	160
%O.D.	%	105,6

Interpretación:

De la tabla presentada podemos deducir que:

Al realizar el análisis del agua de la quebrada Pucacaca *in situ* – Soritor en octubre de 2016, el valor del pH que obtuvimos fue de 7 concluyendo así que está dentro del rango establecido según la ECA y deducimos que es un pH neutro.

La Temperatura de la quebrada Pucacaca se encuentra del límite aceptable para el consumo humano ($15^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$).

Su Conductividad es de 328,9 micro siemens y se encuentra dentro del rango según la ECA (<1500 micro siemens)

El resultado que obtuvimos sobre Sólidos Totales Disueltos está dentro del rango según la ECA (<1000 ppm)

En tanto el Oxígeno Disuelto obtenemos un resultado de 8,56 mg/L, el cual es mayor al límite permitido ($>4,0$ mg/L)

En la turbidez obtuvimos una medida de 567 UNT, el cual se encuentra fuera del rango permitido para consumo humano, el cual debería ser $<5,00$ UNT

La alcalinidad se encuentra dentro del rango permitido para consumo.

3.2.2. Determinación de los parámetros físicos y químicos del agua de la quebrada Pucacaca en laboratorio, al aplicar coagulante a base de almidón de plátano

Inicialmente se realizaron análisis en laboratorio para tener referencia como los parámetros iniciales los cuales estarán especificados en cada una de las tablas siguientes.

Interpretación:

En los diferentes ensayos se observa que el valor del pH más bajo se registra en el ensayo 01 siendo 6,9, en tanto el valor del pH inicial es de 7,2, lo cual no demuestra estar siendo variada por el coagulante, y estando acorde a los Estándares de Calidad Ambiental que indica que debe estar en un rango de 6,5 a 8,5 pH.

Tabla 5

Conductividad del agua en los diferentes ensayos realizados

Conductividad (µS)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	237,9	251	255	251,8	253,6	241,2	248,42
Ensayo 02	237,3	241,7	240,3	239,9	240,2	240	239,9
Ensayo 03	245,8	243,9	248	241,1	241,8	235,8	242,73
Ensayo 04	253	257,5	253,9	252,3	257,2	263	256,15
Inicial	232,2						

Interpretación:

En la tabla se puede apreciar que la conductividad del agua varía desde 232,2 que es valor inicial hasta un valor máximo de 256,15.

La conductividad tiene un valor mínimo de 239,9 al aplicar almidón de plátano en el ensayo 2 y un valor máximo de 256,2 en el ensayo 4, en el cual se puede observar cierta variación en los valores que han superado a la conductividad inicial, sin llegar al óptimo que es 1500 micro siemens establecido por ECAs.

Interpretación:

Al aplicar coagulante natural a base de almidón de plátano al 2%, los valores tienden a aumentar de manera mínima en relación a los parámetros iniciales. El NaCl va en aumento desde un valor inicial de 122 ppm antes de la aplicación de coagulante natural, hasta un valor máximo de 135,4 ppm

Tabla 8

Oxígeno Disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados

Oxígeno Disuelto (ppm)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	10,09	9,97	10	10,39	8,86	10,02	9,88
Ensayo 02	5,25	10,46	5,78	10	6,16	9,82	7,92
Ensayo 03	10,53	9,28	5,47	10,38	10,44	5,5	8,6
Ensayo 04	5,19	10,51	6,06	10,21	10,4	10,16	8,75
Inicial	9,99						

Interpretación:

Como resultado de la aplicación de almidón de plátano, la carga orgánica aumenta y con ello disminuye el oxígeno presente. El valor inicial del oxígeno antes de realizar los diversos ensayos es de 9,99 ppm, pero alcanza un valor máximo de 9.89 en el ensayo 01, cuyos valores tanto iniciales como en los ensayos, están dentro del estándar (ECA) que indica debe ser mayor o igual a 6 ppm.

Interpretación:

Se observa que la turbidez del agua disminuye de manera considerable al aplicar coagulante natural, pues inicialmente se tenía una turbidez de 972 UNT la cual ha llegado hasta el valor de 381 UNT en la jarra 6, es una buena remoción, pero no se encuentra dentro de los estándares establecidos.

Tabla 11

pH del agua en los diferentes ensayos realizados

pH							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	7,52	7,37	7,28	7,31	7,68	7,43	7,43
pH inicial	7,17						7,43

Interpretación:

El pH tiende a básico a medida que se aplica mayor cantidad de almidón de plátano.

Tabla 12

Conductividad del agua en los diferentes ensayos realizados

Conductividad (μ S)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	281,2	262,4	275,9	284	273,2	296,2	278,82
C Inicial	232,2						278,82

Interpretación:

El almidón de plátano aumenta la conductividad de agua en relación a los parámetros iniciales. La conductividad máxima que se obtiene es en la jarra 06, mientras que la mínima es en la jarra 02 siendo esta 262,4, en tanto el valor inicial es de 232,2.

Tabla 13

Sólidos totales disueltos del agua en los diferentes ensayos realizados

Sólidos Totales Disueltos (ppm)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	153	143,1	150,5	154,9	149	161,5	152
STD Inicial			126,5				152

Interpretación:

Los STD aumentan hasta un valor promedio de 152 ppm en relación a los 126,5 ppm obtenidos al inicio. En la jarra 06 se obtiene un valor máximo de 161,5 ppm mientras que el valor mínimo es de 143,1 en la jarra 02, siendo valores relativamente bajos comparados con los Estándares de Calidad Ambiental.

Tabla 14

NaCl del agua en los diferentes ensayos realizados

NaCl (ppm)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	148,8	138,9	146,1	154,9	144,9	157	148,43
NaCl Inicial			122				148,43

Interpretación:

En el gráfico se puede apreciar que en la jarra 5 se obtiene 144,9 ppm mientras que el valor máximo es en la jara 6 con un valor de 257ppm. El valor promedio del NaCl presente en el agua aumenta desde los 122 ppm hasta los 148 ppm que es el valor promedio de las diversas pruebas.

Tabla 15

Oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados

Oxígeno Disuelto (ppm)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	10	5,32	5,4	5,57	9,9	5,11	6,88
OD inicial				9,99			6,88

Interpretación:

El oxígeno disuelto tiene un valor máximo de 10 ppm el cual se obtiene en la jarra 1, mientras que en la jarra 5 un valor de 9,9 ppm, siendo estos valores más altos los que se pueden considerarse dentro de un estándar de calidad.

Tabla 16

% Oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados

% Oxígeno Disuelto							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	116,6	67	68,2	71,3	116,3	69,5	84,8
%OD inicial				114,6			84,8

Interpretación:

El % de oxígeno disuelto disminuye como resultado del aumento de la MO en el agua. El porcentaje inicial de OD mayor es el obtenido en jarra 01 siendo de 116,6 %

3.2.4. Determinación del parámetro físicos y químicos del agua de la quebrada Pucacaca en laboratorio, al aplicar coagulante a base de almidón de yuca al 1 %

Primero se realizaron análisis en laboratorio para tener referencia de los parámetros iniciales.

Tabla 17

Turbidez del agua en los diferentes ensayos realizados

Turbidez (UNT)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	190	176	174	131	176	75	153,67
Ensayo 02	80	65	11,64	97	104	155	85,44
Ensayo 03	109	96	93	93	89	51	88,5
T Inicial	254						

Interpretación:

El promedio de turbidez mínimo obtenido es de 88,5, mientras que el valor inicial antes de realizar los ensayos respectivos es 254 UNT.

La turbidez disminuye desde los 254 UNT hasta el valor promedio mínimo de 85,44 en el ensayo 02.

Tabla 18

pH del agua en los diferentes ensayos realizados

pH							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	6,55	6,69	6,92	6,98	6,95	6,99	6,84
Ensayo 02	7,16	7,03	7,08	7,22	7,12	7,02	7,10
Ensayo 03	7,34	7,1	7,11	7,15	7,17	7,22	7,18
pH inicial	6,77						

Interpretación:

El promedio mayor obtenido es en el ensayo 03 con un valor de 7,18, mientras que en el ensayo 01 se obtiene el valor mínimo siendo este 6,85. El pH inicial está dentro de los LMP, y al aplicar la sustancia tiende a básico, siguiendo dentro del rango establecido.

Interpretación:

Producto del aumento de la carga orgánica, la cantidad de sólidos disueltos aumenta, pero en menor cantidad que el experimento con almidón de plátano, con lo que se prueba que este último es menos eficiente que el de yuca.

Los sólidos totales disueltos antes de realizar los ensayos son de 337,6, mientras que el valor mínimo es de 327,7 que se obtiene en el ensayo 02 y el valor máximo es de 366,45 ppm el cual se sitúa en el ensayo 01.

Tabla 21

Oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados

Oxígeno Disuelto (ppm)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	10,52	10,42	10,39	10,53	10,49	10,52	10,48
Ensayo 02	10,54	10,53	10,53	6,08	10,28	9,65	9,6
Ensayo 03	10,34	10,3	10,24	9,21	10,34	10,42	10,14
OD inicial	10,27						10,07

Interpretación:

Al igual que como con el almidón de plátano, los resultados muestran que el OD disminuye, aunque es menor cantidad en proporción.

El promedio de OD máximo que se obtiene es en el ensayo 01 con un valor de 10,48 ppm mientras que el valor inicial es de 10,27 ppm, siendo poco variables en grandes proporciones

Tabla 22

% de oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados

% Oxígeno Disuelto							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	123,1	127,7	121,8	122,5	122,9	122,8	123,46
Ensayo 02	122,7	123,3	122,9	71,5	121,9	116,6	113,15
Ensayo 03	122,6	121,9	121,2	112,1	122,3	122,3	120,4
%OD inicial	120,7						119,01

Interpretación:

Al igual que en el caso anterior el oxígeno disuelto también disminuye.

El promedio del porcentaje de OD máximo es de 123,47%

Tabla 23

Color del agua en los diferentes ensayos realizados

Color (UPC)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	5	5	7	4	6	4	5,17
Ensayo 02	6	5	5	5	6	10	6,17
Ensayo 03	8	8	8	5	6	5	6,67
Inicial	800						18

Interpretación:

El color inicial del agua es de un valor, con utilización del almidón de yuca ha generado una remoción significativa en esta, siento relacionadas con la efectiva remoción del hierro y la turbidez; este valor del color ha bajado hasta 5,17 UPC, cuyo estándar dice que debería ser 15 UPC.

Interpretación:

Al igual que en el caso anterior el oxígeno disuelto también disminuye.

La tendencia es la misma que en el OD, sólo varía la expresión

Tabla 30

Color del agua en los diferentes ensayos realizados

Color (UPC)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	5	7	5	4	6	6	5,50
Ensayo 02	5	4	8	6	4	5	5,33
Ensayo 03	8	6	6	7	5	4	6,00
Inicial	800						

Interpretación:

La remoción del color es considerable teniendo en cuenta el valor inicial del agua disminuyendo desde los 800 UPC hasta el más bajo que es en el ensayo 2 con 5,33 UPC, demostrando gran capacidad de adsorción del almidón de yuca al 2%.

3.2.6. Determinación del parámetro físicos y químicos del agua de la quebrada Pucacaca en laboratorio, al aplicar coagulante a base de almidón de yuca al 3%

Primero se realizaron análisis en laboratorio para tener referencia de los parámetros iniciales.

Tabla 31

Turbidez del agua en los diferentes ensayos realizados

Turbidez (UNT)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	30,3	37,57	39,47	37,5	39,96	24,19	34,83
Ensayo 02	44,77	35,33	23,69	33,25	26,14	22,22	30,9
Ensayo 03	29,6	34,61	35	36,66	34,39	25,38	32,6
T Inicial	254 UNT						

Interpretación:

La turbidez varía, desde los 254 UNT hasta los 32 UNT. La turbidez inicial antes que realizar los ensayos es de 254 UNT, mientras que luego de someterlo a la prueba de jarras se obtiene un valor mínimo de 30,9 UNT en el ensayo 01.

Tabla 32

pH del agua en los diferentes ensayos realizados

pH							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	7,57	7,52	7,53	7,48	7,55	7,59	7,54
Ensayo 02	7,76	7,48	7,42	7,39	7,4	7,39	7,47
Ensayo 03	7,58	7,44	7,47	7,34	7,32	7,34	7,41
pH inicial	6,77						

Interpretación:

El pH producto de la presencia de calcio en la composición de la yuca tiende a volverse más básico yendo desde los 6,77 hasta los 7,47. El pH inicial según muestra el gráfico es de 6,77, pero este varía obteniendo un valor máximo de 7,54.

Tabla 33

Conductividad del agua en los diferentes ensayos realizados

Conductividad (μS)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	465,8	461,8	452,7	447,1	456	460,2	457,27
Ensayo 02	460,7	459,9	464,3	246,8	457,1	455,7	424,08
Ensayo 03	460	461,4	460,3	456	457,4	459,2	459,05
C Inicial	619,2						

Interpretación:

La conductividad, al aplicar coagulante a base de almidón de yuca, tiende a disminuir desde los 619,2 hasta los 446,8 como valor promedio de todos los ensayos.

Tabla 34

Sólidos totales disueltos del agua en los diferentes ensayos realizados

STD (ppm)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	254	251,8	246,9	243,8	248,8	250,9	249,37
Ensayo 02	251,2	250,7	253,2	246,5	249,2	248,1	249,82
Ensayo 03	250,8	251,6	251	248,6	249,3	250,14	250,24
STD inicial	337,6						

Interpretación:

Los STD en el agua antes de aplicar el tratamiento tienen un valor de 337,6, pero luego se obtienen resultados que van hasta un valor mínimo promedio de 249,37, específicamente correspondientes al ensayo 01.

Tabla 35

Oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados

Oxígeno Disuelto (ppm)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	10,19	10,05	5,59	10,16	10,16	10,19	9,39
Ensayo 02	10,34	9,12	10,31	10,22	10,18	10,32	10,08
Ensayo 03	10,52	9,97	10,39	7,16	5,74	9,01	8,79
OD inicial	10,27						

Interpretación:

El oxígeno disuelto siempre tiende a disminuir al aumentar a carga orgánica, en este caso el almidón de yuca. El OD inicial es de 10,27 ppm y el valor mínimo promedio que se obtiene es de 8,80 en el ensayo 03.

Tabla 36

Porcentaje oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados

Porcentaje Oxígeno Disuelto							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	121,9	120,7	69,5	122,5	122,3	122,2	113,18
Ensayo 02	123,2	109	122,3	122,2	121,6	122,8	120,18
Ensayo 03	123,5	118	122,9	85,3	68,8	106,8	104,21
%OD inicial	120,7						

Interpretación:

El promedio de % de OD mínimo es de 104,22 y el valor inicial es de 120,7. Sucede lo mismo que con el OD solo que esta expresado en valores porcentuales.

Interpretación:

En este caso se realizaron 5 ensayos obteniéndose como valor promedio el de 32,28 UNT, observando que el almidón yuca tiene gran efecto en la remoción de la turbidez, pero aun así no alcanza los LMP establecidos.

La turbidez inicial antes de realizar los ensayos es de 263 UNT, mientras que el valor máximo obtenido luego de la aplicación de almidón de yuca al 5% es de 44,18 en el ensayo 03, 30,60 UNT en el ensayo 01 y un valor mínimo de 21,50 en el ensayo 05.

Tabla 39

pH del agua en los diferentes ensayos realizados

pH							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	7,99	7,54	7,45	7,44	7,39	7,32	7,52
Ensayo 02	7,56	7,44	7,37	7,34	7,64	7,41	7,46
Ensayo 03	7,54	7,32	7,43	7,33	7,38	7,41	7,40
Ensayo 04	7,63	7,46	7,48	7,63	7,51	7,44	7,53
Ensayo 05	7,58	7,44	7,45	7,43	7,41	7,55	7,47
pH inicial	7,4						

Interpretación:

Si bien es cierto que el pH inicial se encuentra dentro del rango aceptable al aplicar almidón de yuca este tiende a aumentar, pero se sigue manteniendo por debajo de los 8,5 que es el valor límite aceptable. El pH inicial antes de aplicar el almidón de yuca al 5% es de 7,40, pero a medida que se realizan los ensayos se van obteniendo resultados iguales como en el ensayo 03 o mayores al valor inicial, por ejemplo, en el ensayo 05 se obtiene un valor de 7,48, en el ensayo 02 7,46 y un valor máximo de 7,53 en el ensayo 04

Interpretación:

Los STD al aplicar almidón de yuca al 5% varían desde los 257,3 hasta los 274,85 como valor promedio

Los STD al aplicar coagulante natural a base de almidón de yuca al 5% se obtiene un valor mínimo promedio de 252,60 en el ensayo 01 y un valor máximo promedio de 308,45 ppm.

Tabla 42

Oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados

Oxígeno Disuelto (ppm)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	10,47	10,4	10,36	10,17	10,32	5,43	9,525
Ensayo 02	10,27	10,21	7,69	10,23	6,63	10,14	9,195
Ensayo 03	10,12	9,98	6,09	9,97	10,14	7,03	8,888
Ensayo 04	7,71	9,5	8,67	9,38	8,46	9,64	8,893
Ensayo 05	4,79	5,95	9,82	6,5	9,38	9,91	7,725
OD inicial	10,18						

Interpretación:

El OD varía desde los 10,18 ppm hasta los 8,85 ppm producto de la aplicación de coagulante a base de almidón de yuca.

El oxígeno disuelto luego de aplicar almidón de yuca al 5% varía desde un valor mínimo promedio de 7,73 ppm en el ensayo 05 y un valor máximo promedio de 9,53 ppm, el valor inicial es de 10,18 ppm.

Interpretación:

Con el almidón de yuca al 5% se ha realizado 05 ensayos de los cuales los valores del color son valores promedios que varían desde los 254 UPC hasta los 512 UPC, comparando con el valor inicial que es de 800 UPC.

3.2.8. Determinación del parámetro físicos y químicos del agua de la quebrada Pucacaca en laboratorio, al aplicar coagulante a base de almidón de yuca al 6 %

Tabla 45

Turbidez del agua en los diferentes ensayos realizados

Turbidez (UNT)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	22,52	25,64	28,22	20,89	18,62	19,17	22,51
Ensayo 02	21,16	27,3	19,73	11,32	15,01	10,65	17,52
Ensayo 03	11,41	12,93	10,03	9,67	18,,2	17,8	13,34
T Inicial	263						

Interpretación:

La tabla muestra que la turbidez se ve reducida desde los 263 UNT hasta los 17,79 UNT como valor promedio de las pruebas realizadas. La turbidez por ensayo varía desde 263 UNT que es valor inicial hasta un valor mínimo de 13,3 UNT.

Tabla 46

pH del agua en los diferentes ensayos realizados

pH							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	7,71	7,46	7,57	7,49	7,54	7,47	7,54
Ensayo 02	7,77	7,49	7,53	7,56	7,6	7,5	7,575
Ensayo 03	6,67	7,45	7,43	7,55	7,47	7,59	7,36
pH inicial	7,4						

Interpretación:

Al igual que en casos anteriores el pH aunque se torna básico siempre se mantiene por debajo de los LMP establecidos. El pH inicial del antes de aplicar el almidón de yuca es de 7,4, para luego obtener un valor mínimo de 7,36 y un máximo de 7,58.

Tabla 47

Conductividad del agua en los diferentes ensayos realizados

Conductividad (μ S)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	565,1	554,9	558	558,6	570,9	561,6	561,51
Ensayo 02	573,4	573,6	568,6	562,4	558	564	566,66
Ensayo 03	573,3	565,1	569	571,7	560,8	561,3	566,86
C Inicial	471,7						

Interpretación:

La conductividad del agua aumenta con la aplicación de almidón de yuca desde los 471,7 hasta los 565,02

La conductividad inicial es de 471,7 y varía hasta un valor máximo de 561,52

Tabla 48

Sólidos totales disueltos del agua en los diferentes ensayos realizados

STD (ppm)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	308	302,5	304,2	303,9	311,2	306,2	306
Ensayo 02	312,6	312,7	310	306,7	304,2	307,5	308,95
Ensayo 03	312,6	308	310,4	311,7	305,8	306	309,08
STD inicial	257,3						

Interpretación:

Los STD por ensayo varían desde los 257,3 UNT hasta el valor máximo de 309,8

Tabla 49

Oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados

Oxígeno Disuelto (ppm)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	7,99	9,7	9,92	9,8	7,91	9,86	9,05
Ensayo 02	5,67	9,99	9,94	8,3	10,15	10,14	9,03
Ensayo 03	5,04	10,15	5,63	4,15	9,87	10,2	7,50
OD inicial	10,18						

Interpretación:

El oxígeno disuelto disminuye por la saturación de MO que existe al aplicar el coagulante a base de almidón de yuca.

El OD inicial es de 10,18, pero este disminuye a medida que se le agrega el coagulante natural.

Tabla 50

Porcentaje de oxígeno disuelto del agua en los diferentes ensayos realizados

% Oxígeno Disuelto							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	96,3	117,3	77,7	119,2	96,6	119,9	104,5
Ensayo 02	68,5	120,2	119,6	104,3	120,5	121,1	109,0
Ensayo 03	68,9	120,7	66,8	49,8	119	121,1	91,05
%OD inicial	121,5						

Tabla 51

Color del agua en los diferentes ensayos realizados

Color (UPC)							
Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayo 01	289	300	332	257	237	234	274,83
Ensayo 02	295	300	237	137	172	139	213,33
Ensayo 03	131	160	129	137	200	197	159,00
Inicial	800						

Interpretación:

Con el almidón de yuca al 6% se mantienen valores de 159 UPC hasta 274,83 UPC en el ensayo 1, pero que es bajo comparado con el valor inicial del color que es 800 UPC.

3.3. Discusión

Para Valeriano y Matos (2013), los polielectrolitos naturales tienen alta eficiencia de remoción de turbidez y una reducción de los costos hasta llegar a un 30%; con la reutilización de sus lodos residuales. Por lo que se verifica en la investigación actual, en donde se pudo demostrar su gran efectividad en la remoción de color y turbidez de aguas, aunque se requiere

de mayor manipulación y por lo tanto se recomienda el estudio de más polielectrolitos naturales, pues esta constituiría una gran alternativa para poder tratar aguas para consumo humano en el futuro, de manera que no se afecta la salud de los pobladores.

Ramírez y Jaramillo (2015), en su investigación sobre agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua, indica que los procesos de coagulación y floculación permiten la remoción de partículas suspendidas y coloidales (turbidez). Como resultado se obtiene que los dos agentes naturales más estudiados y utilizados a nivel mundial y que presentan gran capacidad en los procesos de coagulación del agua son la Moringa oleífera y diferentes tipos de cactus; siendo una alternativa ambientalmente sostenible para poblaciones que no puedan acceder al agua debido a su situación socioeconómica; en la actual investigación se estudiaron los almidones provenientes del plátano y de la yuca a manera de realizar sus respectivo estudio en comparación del uno con el otro y comparando los porcentajes de remoción de la turbidez, entre los coagulantes naturales el obtenido a base de almidón de yuca supera ampliamente al proveniente del plátano, por lo tanto, el primero sería el más recomendado por razones de eficiencia y ahorro de materia prima. Así mismo comparando los valores del color con almidón de yuca en porcentajes menores, son más eficaces que el almidón de plátano.

Los resultados obtenidos muestran que, si bien es cierto la aplicación de coagulantes naturales a base de almidón de yuca y de plátano disminuye la turbidez del agua, pero no llega a los límites establecidos según el reglamento de calidad de agua (Estándar de Calidad Ambiental), por lo que no podría utilizarse como elemento principal para el tratamiento de agua para el consumo humano, pero si serviría como un coadyuvante combinándolo con otro elemento como el sulfato de aluminio, llegando este a formar parte de un floculante mas no como un coagulante principal, pues estando en niveles bajos remueve cierto grado de fierro, turbidez y color, más si está en porcentajes mayores como coagulante principal, no demuestra ser muy eficaz en el tratamiento, para lo cual se realizaron pruebas adicionales demostrando que al utilizarlos de manera combinada si cumple con los estándares establecidos por el reglamento de calidad de agua.

CONCLUSIONES

La aplicación de coagulante floculante natural en el tratamiento de agua para el consumo humano proveniente de la quebrada Pucacaca hecho a base de almidón de plátano y almidón de yuca reduce la turbidez y el color de manera considerable, pero no hasta lo establecido por la autoridad competente, en cuanto al reglamento del ECA, yendo desde los 972 UNT como valor inicial hasta los 17 UNT que es el resultado mínimo obtenido al aplicar almidón de yuca al 6%, siendo el óptimo llegar hasta 5 UNT que dice la regla. Mientras que el almidón de plátano obtuvo un valor mínimo de 376 UNT, demostrando ser menos eficiente por lo que no se realizaron más pruebas. Así como el almidón de yuca es eficaz para la turbidez para el color es aún mejor llegando a los valores reglamentados de los ECAs con la concentración al 1 % y 2% esta baja hasta los valores de 5,17 UPC. Un valor relativamente bajo comparando con el valor del color inicial que es de 800 UPC.

El pH tiende a aumentar al aplicar coagulante natural independiente si es a base de almidón de plátano o de yuca, aunque este último sigue siendo más predominante en la variación del mismo, pero siempre toda variación sigue estando dentro de los límites establecidos por el reglamento de calidad d agua.

La conductividad varia al aplicar coagulante floculante natural, aunque en algunos casos tiende a aumentar se mantiene muy por debajo de los LMP establecidos por el reglamento de calidad de agua.

Los sólidos totales disminuyen hasta cierto punto que se empieza a saturar el agua con el coagulante natural llegando a un punto óptimo al 3% para luego empezar a aumentar.

Mientras que por su parte el oxígeno disuelto disminuye a medida que aumenta la concentración de coagulante natural aplicado indistintamente si es de yuca o de plátano.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar almidón de yuca y de plátano como clarificantes, resaltando su importante influencia en la remoción de la turbidez y el color del agua.

Se recomienda buscar las mejores alternativas naturales como la de polímeros orgánicos que no afecten ni dañen a la naturaleza expuesta muchas veces a los lodos que esterilizan el lugar.

Se recomienda utilizar el almidón de yuca y almidón de plátano como coadyuvantes del proceso de coagulación floculación, de manera combinada con otras sustancias químicas tales como el sulfato de aluminio, para obtener los índices establecidos.

Se recomienda realizar el tratamiento de aguas con restos de productos naturales, para no entrar en conflicto con la balanza alimenticia.

Se recomienda mezclar y buscar alternativas para la utilización del almidón de una forma más eficaz, que le permita actuar de manera establecida en los estándares y le permitan generar agua de calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arellano, J. & Guzmán, J. (2011). *Ingeniería ambiental*. México: Alfa omega.

Barrenechea, A. & Cánepa, L. (2004) Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría - Tomo II. Desinfección. (Lidia Cánepa de Vargas) Ed. CEPIS/OPS, Lima, Perú.

Caicedo (2012). Tratamientos utilizados en el agua, recuperado de:
http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING02.pdf,

Domenech J. & Peral J. (2006) Química ambiental de sistemas terrestres. España. Editorial Revete S.A.

Hernández R., Fernández C. & Baptista P. (2010). Metodología de la Investigación. quinta edición. México: McGraw-Hill.

Kiely, G. (1999). Ingeniería ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. España: McGraw-Hill Interamericana.

Mihelcic, J. & Zimmerman, J (2012). Ingeniería ambiental: Fundamentos, sustentabilidad, diseño. México: Alfaomega.

Ramírez A. & Jaramillo, H. (2015). Almidón de Yuca. Universidad Autónoma de Occidente, Colombia.

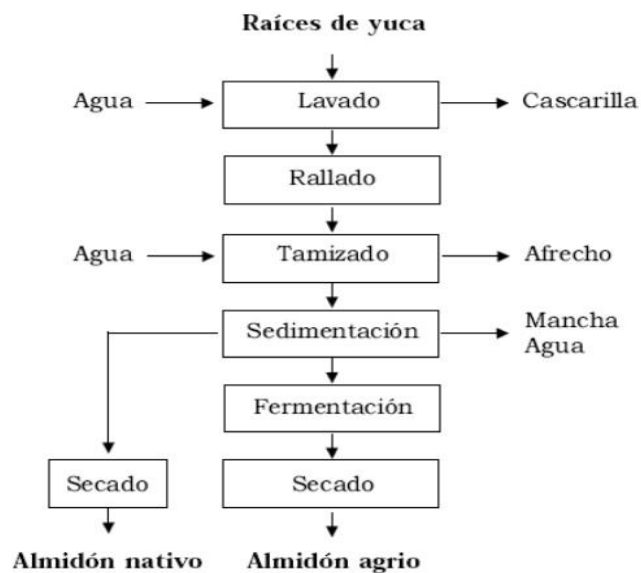
Reglamento de calidad de agua para consumo humano (2010). DS 031 – 2010 SA. Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental. Lima. Perú.

Valeriano J. & Matos R.A. (2013). Polielectrolitos Orgánicos Naturales en el Tratamiento de Agua para Consumo Humano. Universidad Peruana Unión (UPeU). Revista Universitaria. Volumen 2. Perú.

Vargas, L. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Tomo 1. Lima.

ANEXOS

Anexo 1: Proceso de obtención de almidón de yuca



Anexo 2: composición fisicoquímica de yuca

Análisis	Resultados
Proteínas	1,47 %
Grasas	0,31 %
Carbohidratos	38,07 %
Cenizas	1,35 %
Humedad	54,80 %
Energía	160,95 kcal/100
Calcio	317 ppm
Hierro	6,1 ppm
Fósforo	534 ppm

Fuente: Informe ensayo 851-2016 RIVELAB

Anexo 3: composición fisicoquímica del plátano

ANÁLISIS	RESULTADOS
Proteínas	1,36 %
Grasas	0,46 %
Carbohidratos	24,58 %
Cenizas	1,40 %
Humedad	72,2 %
Energía	107,9 kcal/100
Calcio	56,2 ppm
Hierro	3,7 ppm
Fósforo	314,2 ppm

Fuente: Informe ensayo 852-2016 RIVELAB